

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-222006

(43)Date of publication of application : 18.08.1995

(51)Int.Cl.

H04N 1/52

G03G 15/01

G06T 5/00

(21)Application number : 06-262054

(71)Applicant : XEROX CORP

(22)Date of filing : 30.09.1994

(72)Inventor : ESCHBACH REINER  
WALDRON BRIAN L  
FUSS WILLIAM A

(30)Priority

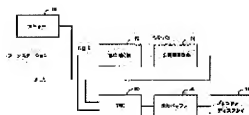
Priority number : 93 133231 Priority date : 07.10.1993 Priority country : US

(54) PICTURE CONTRAST IMPROVING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for improving the contrast of a picture and improving the appearance of the picture.

CONSTITUTION: A natural scenery picture defined by RGB color space is sent to a color space converter 12 at first and RGB signals are converted into color space selected for an improvement processing. The output of the color space converter 12 is processed by, an automatic picture improving device 14 containing a histogram processing. The device 14 generates a signal for driving the TRC (gradation reproduction curve) controller 16 of an output device such as a printer 18. The TRC controller 16 sends processed data to an arbitrary output buffer 20 for next transfer to the printer 18 or the other output device.



特開平7-222006

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 1/52				
G 0 3 G 15/01	S			
G 0 5 T 5/00				
			H 0 4 N 1/46	B
			G 0 6 F 15/68	3 1 0 J
			審査請求 未請求 請求項の数 2	F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-282054

(22) 出願日 平成6年(1994)9月30日

(31) 優先権主張番号 1 3 3 2 3 1

(32) 優先日 1993年10月7日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000798

ゼロックス コーポレーション

XEROX CORPORATION

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14644

ロチェスター ゼロックス スクエア

(番地なし)

(72) 発明者 ライネル エッシュバツハ

アメリカ合衆国 14580 ニューヨーク州

ウェブスター ウェストウッド トレイ

ル 812

(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

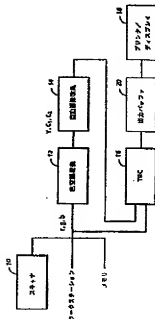
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像コントラスト改良方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 画像のコントラストを改良し、画像の外観を向上する方法。

【構成】 RGB色空間により定義された自然景観画像をまず、色空間変換器12に送り、RGB信号を、改良処理のために選択される色空間に変換する。色空間変換器12の出力は、ヒストグラム処理を含む自動画像改良デバイス14により処理され、デバイス14は、プリンタ18等の出力デバイスのTRC (階調複製曲線) コントローラ16を駆動する信号を生成する。TRCコントローラ16は、プリンタ18又はその他の出力デバイスへの次なる転送のために、処理されたデータを任意の出力バッファ20に送る。TRCは画像毎に変更される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子信号のセットとして記録された自然景観画像中のコントラストを改良する方法であって、自然景観画像を形成する元の電子信号の少なくとも1つの成分が、画像の明度を表す信号によって定義されることを確実に行うステップと、

電子信号の明度表現から、画像内の各可能な明度レベルで信号群を表現するヒストグラム信号を得るステップと、

信号中の強いピーク及び谷を減少する特性を有するフィルタによってヒストグラム信号に作用するステップと、フィルタ処理されたヒストグラム信号を使用して、プリントドライバ信号への、入力信号のトーン写像を得るステップと、

得られた全体の写像を用いて、自然景観画像を形成する各電子信号に対して、電子信号を出力ドライバ信号に写像するステップと、

を含む画像コントラスト改良方法。

【請求項2】 画像内の各可能な明度レベルで信号群を表現するヒストグラム信号を得るステップが、

明度信号から、各可能な明度レベルで明度信号群を表現するグローバルヒストグラム信号を生成するステップと、

グローバルヒストグラム信号を基準フラット信号に比較し、その比較から、ヒストグラム信号のフラット性を示すグローバル分散を得るステップと、

明度信号から、画像を複数の離散領域に分割するステップと、

画像の各離散領域に対して、ローカルヒストグラム信号を生成するステップであり、該ローカルヒストグラム信号が、その中の各可能な明度レベルで明度信号群を表現する、前記ローカルヒストグラム信号生成ステップと、

各ローカルヒストグラムを基準フラット信号に比較して、その比較から、ローカルヒストグラムのフラット性を表現するローカル分散を得るステップと、

ローカルヒストグラムが、調整されたグローバル分散より小さい分散を有するかどうかを決定するために、各ローカル分散とグローバル分散を比較するステップと、

少なくとも所定数のローカル分散が、調整されたグローバル分散より少ない場合に、調整されたグローバル分散値より少ない分散を有するローカルヒストグラム信号の重み付け合計を形成し、関連ヒストグラム信号を得るステップと、

を有する請求項1の画像コントラスト改良方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、絵的景観を有するデジタル画像の外観を改良する方法及び装置に関し、さらに詳細には、絵的景観内のコントラストを改良する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 従来は、コピー機又はスキャン・トゥー・プリント (scan to print) ; 走査して印刷を行う) 画像処理システムは一般に、入力画像を可能な限り正確に複製するため、即ちコピーするために使用された。よってコピー機は、可能な限り正確に、必ずしも何もかもコピーしていた。しかしながら顧客が、文書複製の要求に詳しくなるにつれて、彼らは、正確なコピーが必ずしも彼らの欲する所ではないということを認識する。その代わりに、彼らはむしろ、可能な限り質のよい文書出力を得たいと思うのである。最近まで、コピー機又はスキャン・トゥー・プリントシステムの出力した画像の質は、入力した文書の質に直接関係していた。非常に日常的な入力文書の1つに、写真がある。不具合なことに、フォトリソグラフィ、特にアマチュアの場合には正確な技術ではなく、元の写真の質が悪いことがしばしばある。あるいはまた、技術が劣っていること、写真の古さ又は画像の劣化変動等により、満足できない望ましくない外観を呈する写真となる。そこで望ましいのは、写真をできるだけ質良くコピーすることであり、オリジナルをそのままコピーすることではない。

【0003】 画像に対してなすことのできる1つの改良は、コントラストの改良である。コントラストは、画像のダイナミックレンジ (dynamic range) 、又は画像が定義される可能な濃度の濃度範囲、の知覚に関するものである。経験的に、好ましい画像はコントラスト度が比較的高いものである；即ち、好ましい画像は、可能な実質的なダイナミックレンジを使用する。画像のダイナミックレンジは、経験的に、画像上のヒストグラムを実行することによって測定されることができ、ヒストグラムは、その画像内にどれくらいの画素があれば、その画像が可能明度の範囲内の特定明度を有するかを決定する。好ましい画像は、画像の全ダイナミックレンジを使用していることを示すヒストグラムによって特徴付けられる傾向がある。最も一般的なアルゴリズムは、アール・シー・ゴンザレス (R. C. Gonzales) 及びピー・エイ・フィッツ (B. A. Fitz) による「相互作用的画像改良のためのグレーレベル変換 (Gray level transform for interactive image enhancement) 」 (1975年通商有人システムでの第2会議の議事録 (Proc. Second Conference on Remotely Named System) ) ; イー・エル・ホール (E. L. Hall) の「コンピュータ画像改良のためのほぼ均一な分布 (Almost uniform distributions for computer image enhancement) 」 (IEEE Trans. Comput. C-23, 207-20, 1974年) ; ダブリュ・ケイ・プラット (W. K. Pratt) の「デジタル画像処理 (Digital Image Processing) 」 (Wiley, New York, 1978年) ; エム・ビー・エクストロム (M. P. Ekstrom) の「デジタル画像処理技術 (Digital Image Process

ing Techniques) (Academic Press, Orlando, 1984年); ジェイ. シー. ルス (J. C. Russ) の「画像処理ハンドブック (The Image Processing Handbook)」(CRC Press Boca Raton, 1992年) で述べられているようなヒストグラム平滑化 (flattening) / ヒストグラム平坦化 (equalization) アルゴリズムである。しかしながら、ヒストグラムが全体にわたってフラットである場合には、アプリケーションが、視覚的に満足いく画像を生成すべきであった数多くの場合において、望ましくない画像が生成されることが目立つ。ヒストグラムをフラットニングする技術は、医療的アプリケーション又は遠隔検知アプリケーションの場合のように、アプリケーションが画像中の特徴の検出を要求する場合においてよい働きをする。ヒストグラムフラットニング技術に対する変更は、エス. エム. ピザー (S. M. Pizer) 他による「適応ヒストグラムフラットニング及びその変形 (Adaptive histogram equalization and its variations)」[コンピュータビジョングラフィクス及び画像処理 (Comput. Vision graphics and Image Proc.) 39, 355-368, 1987年] 及びそれに記載されているものにおけるような適応ヒストグラム平坦化 (adaptive histogram equalization, AHE) として知られている。AHEはまた、画像の美的な外観は問題としないが、画像の情報内容 (即ち、どのくらい詳細に見ることができるか) が重要である場合には良い働きをする傾向がある。このような目的及び前提が存在しない場合には、ヒストグラムのフラットニング及びその知られた変更は、うまく作用しない。

【0004】アール. シー. ゴンザレス及びピー. ウィンツ (P. Wintz) の「ヒストグラム変更技術による画像改良 (Image Enhancement by Histogram Modification)」[Addison-Wesley Publishing, 1977年, デジタル画像処理 (Digital Image Processing) P. 118 ~] において、当該分野で知られるヒストグラムフラットニング関数 (histogram flattening functions) が述べられていることも注記する。

【0005】

問題を解決するための手段及び作用 本発明の一態様によれば、自然景観画像におけるコントラストを改良する方法が提供され、その方法では、元の色選器セットから、1つの項目が画像の明度又は濃度に関係する表現に、画像を変換する。画像のグローバルヒストグラムをその項目に対して求め、画像中の濃度の各可能レベルにおける画素の集団を表示 (プロット) する。ヒストグラムは、画素における強い山と谷を明確な特性を有するフィルタによって作用されるが、ヒストグラムのフラットな部分に効果を及ぼすことがない。フィルタ処理されたヒストグラム信号は、画像が印刷されるデバイスにおけるTRC変換 (マッピング) を制御するために使用される。

【0006】本発明の別の態様によれば、上述の方法を用いて、そしてさらに、画像を多くのセグメント (セグメントの各々はその画像セグメントに対するローカル (局所的) ヒストグラム信号で表現される) に分割することによって、最も多く画像情報を有すると思われる領域において、コントラストを計算する。各ローカルヒストグラム信号は、グローバル (大域的) ヒストグラムと比較され、局所的な画像の変動 (ばらつき) が決定される。ローカルヒストグラムをグローバルヒストグラムと比較することによって、適切なヒストグラム信号が引き出され、画素のヒストグラムフィルタに送られる。

【0007】本発明のまた別の態様に従えば、適切な画像ヒストグラムから引き出されたTRCが、画像のカラーチャネルに与えられる。

【0008】ヒストグラムフラットニングは、画像の細部を改良するように作用することの価値ある技術であるが、その結果生じるものは人間的すぎる。本発明は、ある関数をヒストグラムデータに適用し、その関数を、画像の問題のある領域には強く、一方問題のない画像領域には弱く作用するように適用する。べき関数 (power function) が、この要求をよく満足させる。

【0009】さらに、フラットニングのグローバルな決定が利用できるが、それは、画像の高い画像内容領域を利用すれば全体の画像のコントラストをより良く決定できる。従って、あまり重要でない/背景のヒストグラムと、より重要な/前景領域のヒストグラムとを、そのような特定領域のヒストグラムの相対的分布を検討することによって、区別化することにより、この要求によく応えることとなる。

【0010】本発明の請求項1の態様によれば、電子信号のセットとして記録された自然景観画像中のコントラストを改良する方法であって、自然景観画像を形成する元々の電子信号の少なくとも1つの成分が、画像の明度を表す信号によって定義されることを確実に行うステップと、電子信号の明度表現から、画像内の各可能な明度レベルで信号群を表現するヒストグラム信号を得るステップと、信号中の強いピーク及び谷を減少する特性を有するフィルタによってヒストグラム信号に作用するステップと、フィルタ処理されたヒストグラム信号を使用して、プリンタドライバ信号への、入力信号のトーン画像を得るステップと、得られた全体的な画像を用いて、自然景観画像を形成する各電子信号に対して、電子信号を出カドライバ信号に変換するステップと、を含む。

【0011】本発明の請求項2の態様によれば、請求項1の態様において、画像内の各可能な明度レベルで信号群を表現するヒストグラム信号を得るステップが、明度信号から、各可能な明度レベルで明度信号群を表現するグローバルヒストグラム信号を生成するステップと、グローバルヒストグラム信号を基準フラット信号と比較し、その比較から、ヒストグラム信号のフラット性を示

すグローバル分散を得るステップと、明度信号から、画像を複数の離散領域に分割するステップと、画像の各離散領域に対して、ローカルヒストグラム信号を生成するステップであり、該ローカルヒストグラム信号が、その中の各可能明度レベルで明度信号群を表現する、前記ローカルヒストグラム信号生成ステップと、各ローカルヒストグラムを基準フラット信号と比較して、その比較から、ローカルヒストグラムのフラット性を表現するローカル分散を得るステップと、ローカルヒストグラムが、調整されたグローバル分散より小さい分散を有するかどうかを決定するために、各ローカル分散とグローバル分散を比較するステップと、少なくとも所定数のローカル分散が、調整されたグローバル分散より少ない場合に、調整されたグローバル分散より少ない分散を有するローカルヒストグラム信号の重み付け合計を形成し、関連ヒストグラム信号を得るステップと、を有する。

【0012】

【実施例】 図1は、従来のように、カラー画像の場合のRGB空間か、白黒画像の場合の濃度空間か、のどちらかで定義される画像信号を生成する白黒又はカラー空間から得られるスキャン10を示す。扱うこれらの画像は、自然を絵的に表したもので、即ち、自然景観を表すものである。あるコンピュータによって生成された画像を、自然景観を表すものとみなすこともできるが、本実施例で意図する画像クラスは主に、走査された写真である。画像自体は画像によって定義され、ここで、各画素は、白レベルと黒レベルの間で変化するグレー値を有する。算定が8ビット情報に基づいてなされる一般的な望ましいシステムでは、256レベルのグレーが使用可能である。画素はまた、位置によって識別される、即ち、画像中では唯一つの領域を規定し、走査中の位置、及び1ページ中の走査線位置によって識別される。従ってカラーは、画像中の各カラー画素に対するトリプレット（三つ組）のグレー画素によって表され、各グレー画素トリプレットは、各分離部分においてカラーを定義し、それらが一緒になるとカラー画像が形成される。

【0013】 スキャン10の出力を、自動画像改良システム (automated image enhancement system) に送ること、でき、本文中で該自動画像改良システムについてのさらなる説明を行うこととする。本発明の目的のために、自動画像改良システムは、絵で表された領域と絵で表されない領域とを含む画像のタイプを文書内で識別することのできるセグメンテーションシステムを含む。本文中で述べる自動画像改良システムの出力は最終的に、プリンタ、CRT、又はその他の何物にも送られることが想定されるであろう。このようなデバイスは、多くの特徴を有し得るとともに、レーザプリンタ、又はインクジェットプリンタ、又はLEDディスプレイ、又はCRTディスプレイであり得る。しかしながら、そのようなデバイスへの一般的な要求として、グレーの絵画像

を表現することがある。これは、グレー印刷又は類似グレー印刷によりなされる。

【0014】 本画像改良システムを動作するためのデータを引き出すために、コピーラテン上に置かれスキャナの電子光学システムによって走査される文書をプレスキャン (prescan、事前走査) し、文書画像を表す信号を生成することが可能である。別法としては、前もって走査された又はあるいはその他のシステムから引き出された画像を、メモリから自動画像改良システムに送ることが可能であり、この場合には、受け取られた画像を必要に応じてサンプリングする。

【0015】 プレスキャンは、不完全に (少なめに) サンプリングされる、即ち画像を、コントラスト改良の目的で、システムの最終的な分解力でサンプリングする必要はない。実際には、画像全体を表すとともに、画像全体にわたって離散する。比較的少ない数の画素が、この目的のために画像を正確に表現することができるといことが決定された。或る実施例では、ほぼ512画素×512画素における画像から得られる画素ブロックを使用する。この選択の第1の目的は、ソフトウェア画像改良システムが絵画像を処理することの速度を改良することである。一般的な画像分解でのサンプリングでは、本文中で発明のプロセスにおいて見られる結果が大きくは改良されず、また必要とされるソフトウェア処理時間が多大に増大される。これから述べる発明のプロセスのハードウェアを、画像を不完全にサンプリングしないことを決定することが可能である。

【0016】 本発明を使用するシステムを、概して図1のように示すことができ、図1では、RGB色空間によって定義された自然景観画像をまず、色空間変換器12に送り、色空間変換器12は、RGB信号を、改良処理のために選択される色空間 (後程明らかにする) に変換する。色空間変換器12の出力は、後で詳細に述べられるように、自動画像改良デバイス14により処理され、デバイス14は、プリンタ18等の出力デバイスのTRC (tone reproduction curve、階調複製曲線) コントローラ16を駆動する信号を生成する。TRCコントローラ16は、プリンタ18又はその他の出力デバイスへの次の転送のために、処理されたデータを任意の出力パルファ20に送る。後でより十分に述べるように、本発明は、画像毎にTRCを変更する。TRCコントローラ16が、デバイス独立データストリームを、印刷又はディスプレイのために用いられるデバイス依存データに合わせるように調整するために一般的に使用されるTRCコントローラと、独立的に又は一体的に働くということは明白であろう。

【0017】 実行された自動画像改良デバイスの各処理ステップを見ると、第1ステップでは、スキャン10等から最初に取り出された最初のカラー画像データは、最初はRGB空間、即ち赤-緑-青の色空間にあると想定

7

され、発明のプロセスのために、上記最初のカラー画像データを、まず色空間変換器12において輝度空間(YC: C<sub>1</sub>)に変換しなければならない。その他の画像処理で、RGB値を輝度(luminance) / クロミナンス(chrominance)空間に変換することは一般的であるので、画像がすでに輝度空間にあることが可能である。YC: C<sub>1</sub>空間は、発明のプロセスを実行するのに使用可能な空間であり、ゼロックスYES空間は、そのような空間の1つの可能な例である。使用されるどんな空間も、「ゼロックスカラー符号化基準(Xerox Color Encoding Standard)」XNSS289005(1989\*

$$Y = 0.253 R + 0.684 G + 0.063 B$$

$$E = 0.50 R - 0.50 G$$

$$S = 0.25 R + 0.25 G - 0.50 B$$

R、G、Bは、標準原色の三刺激値であり、それらは、等しい三刺激値が、白と同一色度(chromaticity)を有する刺激値を定義するように基準化されている。

[0020] E及びSは、クロミナンス又は反対色値(opponent-color value)である。Eはレッドマイナスグリーン、そしてSはイエローマイナスブルーである。クロミナンスは、無彩色(neutral color)に対してゼロである三刺激値であり、無彩色は、白と同一の色度を有する刺激値である。定義では、R、G、B三刺激値は、無色の刺激値に対して等しく、E及びSの値はゼロである。全ての生成可能な色に対して、Yは負ではなく、一方E及びSは、負又は正のどちらかになり得る。

[0021] ゼロックス/YES線形カラーモデルは、ゼロックス/RGB線形カラーモデルと同じ色度値を有する原色を特定するが、必ずしも同じ白色点(white point)を特定するとは限らない。このことは、E及びS値が、基準化のために使用されるいかなる白色点に対してもゼロであるということを保証する。しかしながら、Y値は、CIE標準観測者によってその標準の白色点を使用する場合のみ、輝度となる。異なる白色点を使用した場合におけるゼロックス/YES線形カラーモデルの使用法は、上記文献[XNSS289005(1989年)の「ゼロックスカラー符号化基準(Xerox Color Encoding Standard)】のセクション6.3に記載されている。

[0022] ゼロックス/YES線形カラーモデルは、白黒両式カラーモデルであり、それは、テレビ放送のナショナルテレビジョンシステム委員会(National Television System Committee, NTSC)の使用する輝度-クロミナンスシステムに類似する。双方の利点は、輝度及びクロミナンスとして符号化された色を受け取る白黒デバイスが、クロミナンスを無視し、輝度のみを用いることによって、簡単にグレースケール表示を得ることが可能であるということである。

[0023] 本発明のその後のプロセスを述べるにあた

8

\*年)のゼロックスYESのYのように、明るいは暗いといった人間の視覚に關係する要素を有していなければならない。以下では、ゼロックス(Xerox)のYES色空間を用いて本発明を述べる。

[0018] ここで、上記ゼロックスYES色空間について記す。ゼロックスのYES線形カラーモデルは、色と、輝度(luminance) Yと、2つのクロミナンス(chrominance) 値E及びSによって特定する。Y、E、及びSを以下のように定義する。

[0019]

って、図2の画像を参照する。図2は、8ビットのグレースケールを有する実際のカラー画像を黒・白の線図で複製したものである。複製が困難であるため、原画像を、このアプリケーションの目的のために縮図によって表すことが必要であったが、その後の図で示すデータは、実際の画像に対するものである。

[0024] 自動画像改良デバイス14内で実行される次のステップは、いくつかのシステムパラメータによって画像を測定することである。本実施例では、絵面画の輝度即ちY成分のグローバルヒストグラムを導き出す。図3で示すヒストグラムは、画像中の各可能輝度値での画素群マップである。グローバルヒストグラムは、図2の全画像に関する。8ビット空間のようなマルチビット空間での操作の場合には、輝度値が0~255間に分布することがわかるであろう。

[0025] 次に、全画像のグローバルヒストグラムに加えて、図4を参照すると、画像が1セットのローカル(局所的)領域(その領域は大きさが同じである必要はない、又はあらゆる形態で順序付けを行ってよい)に分割されており、また各局所領域からヒストグラムが得られる。必要でないことが後程明らかになるが、複数のローカルヒストグラムの処理のために適当な方法が決定された。図5は、グローバル画像をローカル領域に分割する方法の別法を示す。視覚的なコントラストは大域的な現象ではないのでローカル領域ヒストグラムが得られ、従って大域的な測定と同様に局所的な測定が必要である。即ち、1つの領域は完全なダイナミックレンジを有しておらず、ユーザとしてはかなり高いコントラストを有することを好む。また多くの画像では、局所性が、画像の部分の相対的な重要性を示す。さらに、コントラスト調整には無関係な大きな背景領域は、コントラスト調整を困難にするようにグローバルヒストグラムをスキューさせる傾向がある。グローバルヒストグラムに加えてローカルヒストグラムを用いることにより、このような大きな背景領域の影響を減少させることができる。

[0026] 改良プロセスの次のステップでは、フラッ

ト(平調な)ヒストグラムを例にとって、グローバルヒストグラムを基準物に比較する。フラットヒストグラムは、ここで述べるように、画像内で起こり得る各濃度又は輝度に対して均一な数の画素を提供する基準信号である。グローバルヒストグラムは、このフラットヒストグラムに比較されて、分散(variance)の形でコントラストの大域的な測定を行う。分散Vは、次の式で表される。

[0027]

【数1】

$$V = c \times \sum_i^n [H(i) - R(i)]^2$$

[0028] ここで、cは再正規化の定数である。またH(1)は、対象の画像のヒストグラム関数を表し、R(1)は、フラットヒストグラム又は基準値を示し、そして1は、画像の或る2次元画素位置を示す。

[0029] 一般的に言えば、分散の値が小さくなればなるほど、ヒストグラムはよりフラットになる。フラットヒストグラム信号は、「フラット」ではなく、むしろ望ましい基準を示すように作られることが可能であるということが、疑いなく理解されるであろう。

[0030] 図6～図9は、図4のローカルヒストグラムのレイアウトを用いたローカルヒストグラムを示し、図6は第1列のヒストグラムを、図7は第2列のヒストグラムを、図8は第3列のヒストグラムを、そして図9は第4列のヒストグラムを示す。分散値はまた、各ローカルヒストグラムに対して決定され、それを図10で示す。グローバルヒストグラムの分散値は、ブロックY1で示され、4.4AU (arbitrary units, 任意ユニット) 他他の数に対してのみ重要である)を有する。Y1とY2を比較することによってわかるように、ローカルヒストグラムの分散は幅広く変動しており、1.0 [ローカルヒストグラム(2, 2)] から4.65 (3, 0)までの数に及んでいる。これを、第1グローバルヒストグラムY1に対する分散値と、いくつかのローカルヒストグラムY2に対する分散値の2つのグループの分散値にする。

[0031] 次に、グローバル及びローカルヒストグラム分散値は、最も小さな分散値によって定義される最も平坦化されたヒストグラムを求めて、比較される。これを実行するために、定数 $\alpha$ を乗算したグローバル分散値を、ローカルヒストグラム値に比較する。定数 $\alpha$ は、2つの分散値を等化するように選択される。画像にわたって、グローバルヒストグラム値がローカルヒストグラム値より、よりフラットであれば、グローバルヒストグラムは、「関連する」ヒストグラムであるとされ、さらなる処理で使用する。あるいはまた、1つ又はそれより多くのローカル分散値が、グローバル値より小さければ、それらのローカルヒストグラムを使用して、関連す

るヒストグラムを形成するとともに、次の処理でそれを使用する。図10で示す例では、定数乗数2と選択し、この「2」は、一般的な画像に対して良い結果を与えるということがわかり、比較のためのグローバル分散値は「8.8」ということになる。ブロックY2において、「8.8」より小さいローカル分散値を有する全てのローカルヒストグラムを、関連ローカルヒストグラムとしてマーク付けする。図10と図4を比較することによってわかるように、大きな背景部分 [ローカルヒストグラム

(0, 0), (0, 1) 等] は、画像には関係がないと見なされる。関連ローカルヒストグラムの重み付け合計を使用して、図11で示すグローバル関連ヒストグラムを得る。この場合には、簡易性のために、全てのローカルヒストグラムの均一な重み付けを用いた。

[0032] 乗数2は、関連ヒストグラムと非関連ヒストグラムとを区別化する方法にすぎないことに気付くべきである。別の方法は、最も小さい分散値を有する固定数のローカルヒストグラムを選択することである。また別の方法では、分散値が増加するに従って重み付けファクタが減少する全てのローカルヒストグラムの重み付け合計を使用することである。さらに別の方法では、ローカルヒストグラムは、少なくとも所定数Tのローカルヒストグラムが、関連するローカルヒストグラム又は方法のあらゆる組合せであると示される場合にのみ、関連していると見なされる。

[0033] 画像を改良するためにさらなる処理のために使用するものは、図11で示す関連グローバルヒストグラムである。

[0034] 従来技術では、ヒストグラム形状をフラットニング(平調化)又は所定形状に調整することによりヒストグラムを再形成化することが教えられてきた。本発明によれば、適切なフラットニングの効果により四角ヒストグラムが所定の形状にされるのではなく、コントラスト改良処理を通じて保持しなければならないヒストグラムの識別特徴を生じさせる、ということが決定された。しかしながら、関連して述べたように、ヒストグラムの平坦化(平化)の方法は、非常に有効な方法である。従って、本発明の趣旨は、実行の簡易性を維持するヒストグラム平坦化に対して修正を行い、それと同時に画像のヒストグラムの特徴を保持することである。これを、関連するヒストグラムをフィルタリングすることによって達成し、最終的な変更ヒストグラムを得、そしてこの変更ヒストグラムを、標準的なヒストグラム平坦化ルーチンの入力として使用する。このようにして、ヒストグラム特徴を維持すると同時に、標準的ヒストグラム平坦化処理の簡易性を維持する望ましい効果を達成することが可能である。

[0035] 従って、そして、このような要求を達成するフィルタリング関数の結果である図12を参照すると、ヒストグラムのカーブは、

【0036】H(1)  $\beta$

【0037】という関数を用いて操作されることによって、平滑(フラット)化されることができる。ここで $\beta$ は、1未満である。経験的に、 $\beta$ は5分の1であることが可能であるとともに、望ましい結果を生成することができるということが決定された。あるいはまた、 $\beta$ はユーザによってコントロールされることが可能である、即ち、ユーザは、満足いく結果が得られるまで、画像を見て $\beta$ を変えることができる。あるいは、 $\beta$ は画像から決定されてもよい。値 $\beta$ はまた、関数 $1/N$ として与えられることが可能であり、ここで $N$ は2より小さい。

【0038】概して、元のヒストグラムの、最も減少する非線型関数が、関連ヒストグラムへのフィルタ関数として作用することが可能である。フィルタ関数の主な特質は、ヒストグラムの変動を減少するとともに、元の画像データより、より一層フラット又は均一な分布を有する最終的な変更ヒストグラムにすることである。図3の元のヒストグラムを図12の最終変更ヒストグラムと比較することによって、このことがわかる。図12で示すヒストグラムは、図3で示すものより変動が少ない。図12の変更ヒストグラムのプロットは、画像改良のためのトーン再生カーブ(tone-reproduction curve) 即ちTRCを計算するための、標準ヒストグラム平坦化ルーチンを用いることによって達成される。図12のヒストグラムから得られるTRCを図13で示す。TRCカーブは、画像改良を目的とするシステムの出力に対する入力との関係を表示する関数である。この関数を次に、完全な入力画像に適用する。図13で考えられるTRCは、図12のヒストグラムを有する画像を、フラットな又は平坦化されたヒストグラムを有する画像に変える。しかしながら、本発明では、得られたTRCを使用して図12に対応する画像に作用するのではなく、それを使用して、図3に対応する画像に作用する。図14は、図13で示されるTRCを用いて、元の入力画像を変更した結果のヒストグラムを示す。図14からわかるように、図3で示されるヒストグラムと同じく、より広がりのある特徴を有するが、図14の方は、そのヒストグラムの主要な特徴を維持しているとともに、所定の形状にされてはいない。

【0039】3番目の関数 $\beta=0.33$ 、4番目の関数 $\beta=0.25$ 、5番目の関数 $\beta=0.2$ のオーダー(順序) ルートのような関数を使用すると、画像コントラストの改良に対する良い成果が見られた。概して、ヒストグラムをフィルタリングするために使用される関数は、 $\beta=0$ の場合には、最終的な変更ヒストグラムがフラットになり、従って結果として生じるTRCはデータに作用しない、即ち、コントラストを改良せず、そして、 $\beta=1$ の場合には、結果として得られるTRCが、画像ヒストグラムを平坦化するように最終ヒストグラムに作用しない、即ち、コントラスト改良の度合いが減少する、とい

たルート関数として容易に実行されることができるといえる。

【0040】決定されるTRC関数は、次に、輝度/クロミナンス空間で定義される画像の輝度値に適用されることができ、それによって許容可能な結果が生成される。しかしながら、さらに、同一のTRCカーブを、画像を元々定義していた赤、緑、青の画像成分の各々に適用することができる。このことにより、幾分良い結果が生成されるようである。

【0041】図15で示すフローチャートによるプロセスを見ると、ステップ400において、入力データ源からRGBデータを受け取り、ステップ402で、そのRGBデータをY、C、C<sub>2</sub>データに変換する。ステップ404で、データを低解像度で任意にサンプリングする。ステップ404は、グローバルヒストグラムといくつかのローカルヒストグラムの並行処理を行うために分岐し始める。ステップ406では、画像のグローバルヒストグラムを得、ステップ407で、グローバルヒストグラムに対して分散値 $V_g$ を算定し、その一方で、ステップ410、412、及び414では、画像をN個の領域に分割し、各領域に対するローカルヒストグラムを得、分散値 $V_i$ を、各ローカルヒストグラムに対して計算する。ステップ420、422、及び424では、各ローカル分散値を、乗数 $\alpha$ で調整されたグローバル分散値と比較し、調整されたグローバル分散値未満の場合には、ヒストグラムNをマーク付けする。その処理を、N個の領域の各々が処理されるまで続ける。ステップ426では、マーク付けされたヒストグラムが、少なくともT個のローカルヒストグラムがマークされていることを確かめる。マークされていない(ステップ426がノーなれば)、ステップ428で、さらなる処理のためにグローバルヒストグラムを呼び出す。少なくともT個のヒストグラムがマークされていれば、ステップ430において、マークされたローカルヒストグラムの重み付け合計を作成して、関連ヒストグラムを生成する。ステップ432では、ヒストグラム平坦化関数を用い、そしてステップ434では、結果として生じた最終ヒストグラム関数から新しいTRC関数が算定され、ステップ436で、修正されたTRC関数を用いて、コントラストを修正された画像が印刷又はディスプレイされることができ

る。

【0042】別の実施例では、図15のステップ420の分散乗数 $\alpha$ が、グローバル分散値 $V_g$ の関数とされる。低いグローバル分散値の場合、ステップ420で与えられる単純な乗数を使用する。ここで、値が $V_g < 0.5$ であれば、低いグローバル分散を良く示すものであることがわかった。適度な(中位の)グローバル分散値の場合には、 $\alpha V_{i,0.5}$ より小さい分散値を有するローカルヒストグラムの数が決定され、その数が、ローカルヒストグラムの少なくとも所定数Tより多ければ、



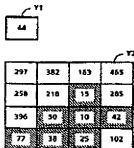
それらのヒストグラムが、関連ヒストグラムであると示される。決定された数がT個のローカルヒストグラムより少ないければ、 $\alpha V_{\dots\dots\dots}$ より小さい分散値を有する全てのローカルヒストグラムが適切である（関連する）と見なされる。この場合には、ステップ432におけるヒストグラム弱関数が増される、即ち、より弱関数の度合いが増される。ここで、 $5.0 \leq V_i < 10.0 = V_{\dots\dots\dots}$ の値は、適度な（中位の）グローバル分散を良く示すものであることがわかった。高いグローバル分散値の場合には、 $V_i > V_{\dots\dots\dots}$ 及び関連ローカルヒストグラム決定が、T個未満のローカルヒストグラムが $\alpha V_{\dots\dots\dots}$ より小さい分散値を有するケースをカバーするように増される。この場合には、ヒストグラムの弱関数の度合いがさらに増される。 $\beta = 2$ というヒストグラム弱関数パラメータは、 $\alpha V_{\dots\dots\dots}$ より小さい十分な数の関連ローカルヒストグラムを有する画像に良く作用し； $\beta = 0, 1$ というパラメータは、 $V_{\dots\dots\dots}$ ではなく $\alpha V_{\dots\dots\dots}$ より小さい十分な数の関連ローカルヒストグラムを有する画像に良く作用し； $\beta = 0, 0$ は、その他の画像に良く作用するということがわかった。 $\beta$ の値の変化は、ヒストグラムのフラットニングの効力の確実性を減じること、そして従って、分散値を増すフラットニング関数を弱関数することを示す。あるポイントでは、例外的な大きな分散値の場合、フラットニングがなくなる（ $\beta = 0, 0$ ）。

【0043】本発明は、デジタルコンピュータ又はマイクロプロセッサを動作するために、述べられた機能を実行するアプリケーションソフトウェアを介して、又は、最適な速度を適切に提供するハードウェア回路を介して、又は、ソフトウェア及びハードウェアの或る組合せを介して達成されることができると言うことが疑いなく理解されるであろう。

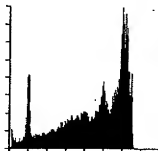
【0044】 $\beta = 0, 0$ のケースは、そのようなケースに対して単純に画像のダイナミックレンジをストレッチすることによって増加されることができると言うことが、疑いなく理解されるであろう。

【0045】

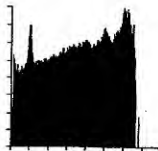
【図10】



【図11】



【図12】



【発明の効果】本発明では、自然景観画像内のコントラストが改良され、画像の外観が向上される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を使用するシステムのブロック図である。

【図2】複製の目的で、縮小画像になされた例としての画像を示す。

【図3】図2に関して得られたヒストグラムを示す。

【図4】例としてあげた図2の画像を複数のサブ画像に分割したものを示す。

【図5】画像をローカル領域に分割する別法を示す。

【図6】図2の各サブ画像に対するヒストグラムを示す。

【図7】図2の各サブ画像に対するヒストグラムを示す。

【図8】図2の各サブ画像に対するヒストグラムを示す。

【図9】図2の各サブ画像に対するヒストグラムを示す。

【図10】画像の関連ヒストグラムの選択を示す。

【図11】図10で示した決定処理から生じた関連ヒストグラムを示す。

【図12】フィルタ関数によって処理した後の図11の関連ヒストグラムを示す。

【図13】画像の複製のために得られたTRCカーブを示す。

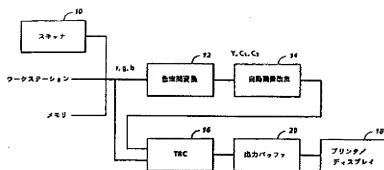
【図14】図13で示したTRCによって画像を処理した後の画像ヒストグラムを示す。

【図15】本発明のプロセスのフローチャートを示す。

【符号の説明】

- 10 スキャナ
- 12 色空間変換器
- 14 自動画像改良器
- 16 TRC
- 18 プリンタ、ディスプレイ
- 20 出力バッファ

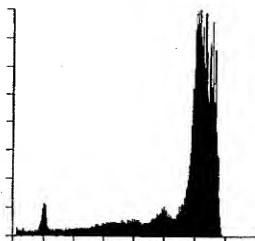
【図1】



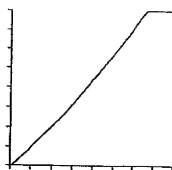
【図2】



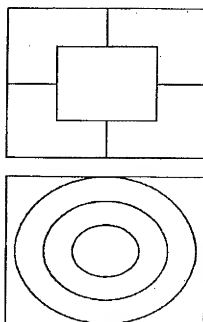
【図3】



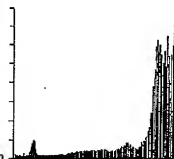
【図13】



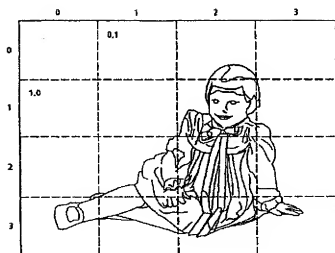
【図5】



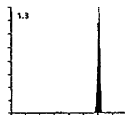
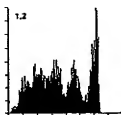
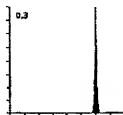
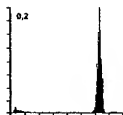
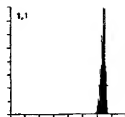
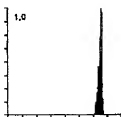
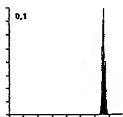
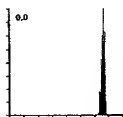
【図14】



【圖 4】

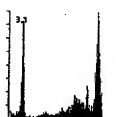
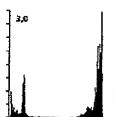
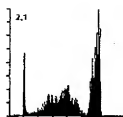
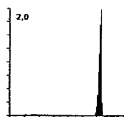


【圖 6】

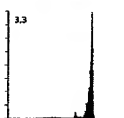
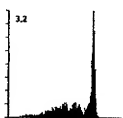
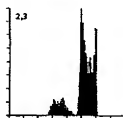
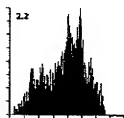


【圖 7】

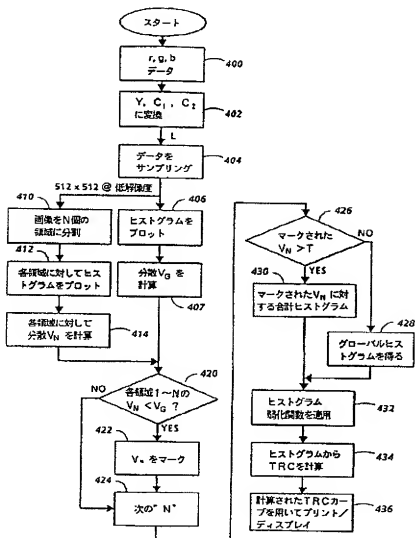
【図8】



【図9】



[図15]



フロントページの続き

(72)発明者 プライアン エル. ウォルドロン  
アメリカ合衆国 14526 ニューヨーク州  
ベンフィールド ハイレッジ ドライヴ  
65

(72)発明者 ウィリアム エイ. ファス  
アメリカ合衆国 14612 ニューヨーク州  
ロチェスター ラッタ ロード 777